



(19) RU (11) 2098798 (13) C1

(51) 6 G 01 N 23/04

Комитет Российской Федерации
по патентам и товарным знакам

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**
к патенту Российской Федерации

(21) 94043356/25

(22) 08.12.94

(46) 10.12.97 Бюл. № 34

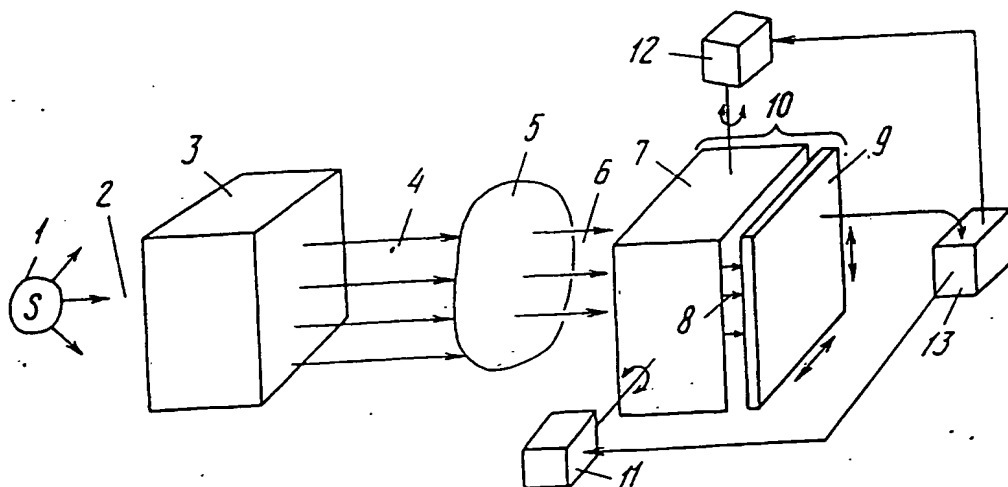
(76) Курбатов Алексей Владиславович, Ла-
зарев Павел Иванович

(56) SU, авторское свидетельство, 1402871,
кл. G 01 N 23/08, 1988. RU, патент, 2012872,
кл. G 01 N 23/02, 1994.

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕ-
НИЯ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ОБЪЕК-
ТА С ПОМОЩЬЮ ПРОНИКАЮЩЕГО
ИЗЛУЧЕНИЯ

(57) Использование: неразрушающий конт-
роль внутренней структуры объекта путем
получения изображения в потоке проникаю-
щего излучения. Сущность изобретения:

поток проникающего излучения 4, имеющий ограниченную с помощью коллиматора 3 локальную угловую расходимость, пропускают сквозь объект 5. Для создания изображения регистрируют прошедший через исследуемый объект 5 поток 6 излучения дирекционно-селективным детектором 10 с шириной диаграммы направленности не более удвоенной величины локальной угловой расходимости потока проникающего излучения 4. При этом локальное ограничение потока 4 излучения ведут в двух взаимно пересекающихся плоскостях. 1 с. и 11 з.п. ф-лы, 7 ил.



Фиг. 1

Изобретение относится к методам неразрушающего контроля исследуемого объекта и точнее - к способу получения изображения внутренней структуры объекта в потоке проникающего излучения.

Изобретение может быть использовано для излучения внутреннего строения объектов, преимущественно непрозрачных для видимого света, выполненных из различных металлов, полимеров, керамики либо биологических объектов, для получения рентгенограмм внутренних органов человека или животного. Наиболее предпочтительно использовать изобретение для исследования биологических объектов с помощью жесткого излучения, которое, как известно, слабо задерживается в тканях животного и растительного происхождения.

Широко известны способы получения изображения внутренней структуры исследуемого объекта посредством рентгеновского излучения, при которых регистрируют распределение интенсивности излучения, прошедшего через исследуемый объект.

Обычно для регистрации интенсивности излучения применяют фотопленку, чувствительную к данному виду излучения. На пленке проекция внутренней структуры исследуемого объекта представляется участками с различной степенью почернения, где менее светлые участки соответствуют тем областям объекта, которые обладают меньшей способностью задерживать проникающее излучение, а более светлые участки - наоборот (см. например, БСЭ "Рентген").

В результате реализации известного способа получают изображение внутренней структуры исследуемого объекта, неконтрастное по своему характеру, и проблема заключается в том, чтобы усилить эту контрастность. Особенно это важно при проведении медицинских исследований биологических объектов, когда необходимо уменьшать дозу поглощаемого объектом излучения, что достигается за счет использования жесткого излучения.

Регистрация локальных различий плотностей объектов, обладающих малым поглощением излучения, основана на измерении углов преломления излучения в процессе прохождения им исследуемого объекта.

Так, в авторском свидетельстве СССР N 1402871 с приоритетом от 13.11.86 раскрыт подобный способ получения изображения внутренней структуры объекта.

При этом способе поток проникающего излучения от источника коллимируют в узком диапазоне углов и поток излучения с

малой расходимостью направляют на исследуемый объект. Выходящий из объекта поток излучения вновь коллимируют, т.е. выделяют из него часть потока, обладающую малой расходимостью и направляют эту часть потока на детектор. Преломленные лучи потока излучения после прохождения им объекта частично выходят из диапазона углов повторной коллимации и регистрируются на детекторе с меньшей интенсивностью. Благодаря этому на детекторе появляется усиленный контраст изображения объекта, несущий большую информацию о его структуре, чем обычная рентгенограмма.

В последующем для улучшения регистрации преломления проникающего излучения в исследуемом объекте и повышения контрастности изображения было предложено ограничить угловую расходимость потока излучения, поступающего на объект, величиной, по крайней мере в два раза меньшей диапазона углов направлений излучения, пропускаемого вторым коллиматором (см., например, патент RU N2012872 от 14.05.91 или патент США N 5319694 от 14.05.91).

Этот метод позволяет повысить контрастность получаемого изображения объекта, в том числе для объектов, слабо задерживающих проникающее излучение и обладающих участками с различными характеристиками рассеяния проникающего излучения.

Повышенная контрастность изображения объекта достигнута за счет совместного действия преломления и рассеяния проникающего излучения при прохождении объекта.

Однако контраст полученного изображения оказывается и в этом случае недостаточным, так как вещества биологических объектов близки по элементному составу и мало различимы по плотности.

В то же время, существует множество объектов, которые не обладают способностью преломлять излучение на значительные углы, не имеют участков, заметно различающихся поглощающей способностью в отношении используемого излучения, но включают в себя участки, сильно отличающиеся по характеристикам рассеяния излучения, в частности малоуглового рассеяния.

Таковыми объектами являются живые организмы, в которых ткани представляют собой высокоупорядоченные структуры, имеющие различный вид диаграмм малоуглового рассеяния и дифракции.

Известны специфические дифракционные картины определенных тканей - мышц, хрящей, слизи, липидов и др. априорное знание которых в принципе позволяет

дифференцировать контрасты изображения по производящим их тканям, если эти контрасты порождены малоугловым рассеянием и дифракцией рентгеновского излучения.

В основу изобретения положена задача разработать способ получения изображения существенно улучшенной контрастности внутренней структуры объекта в потоке проникающего излучения за счет регистрации различных характеристик рассеяния наряду с регистрацией преломления излучения.

Задача решается с помощью предложенного способа получения изображения внутренней структуры объекта в потоке проникающего излучения, в соответствии с которым поток проникающего излучения от источника ограничивают по углу локальной расходимости, затем этот поток пропускают через исследуемый объект, прошедшее через объект излучение регистрируют дирекционно-селективным детектором для образования изображения. Согласно изобретению поток проникающего излучения создают с локальной угловой расходимостью, составляющей не менее половины ширины диаграммы направленности детектора.

Нужно отметить, что минимальная локальная угловая расходимость потока проникающего излучения составляет более половины ширины диаграммы направленности детектора в плоскости минимальной угловой расходимости излучения.

В предпочтительном варианте осуществления изобретения минимальную локальную угловую расходимость потока проникающего излучения выбирают равной ширине диаграммы направленности детектора.

Целесообразно локальное ограничение угловой расходимости направляемого на исследуемый объект излучения производить в двух взаимно пересекающихся плоскостях.

При этом отношение локальной угловой расходимости в одной плоскости составляет не менее $1/10$ от локальной угловой расходимости в другой плоскости.

Ограничение локальной угловой расходимости потока излучения на исследуемый объект в плоскости максимальной угловой расходимости можно получить с помощью отражающих и рассеивающих излучение поверхностей для образования интерференционных отражений либо с помощью пакета (набора) близко расположенных пластин, непрозрачных для выбранного вида излучения.

Желательно при реализации способа использовать детектор с диаграммой направ-

ленности, ограниченной в двух взаимно пересекающихся плоскостях.

В процессе осуществления предложенного способа также целесообразно сообщать взаимные поворотные перемещения потоку проникающего излучения до входа его в исследуемый объект и принимающему излучение детектору.

При использовании в составе дирекционно-селективного детектора устройства с цифровым выходом целесообразно применять вычислительную процедуру для обработки зависимостей регистрируемых двумерных интенсивностей от угла взаимного поворота излучения и диаграммы направленности детектора.

Повышение вычисленного контраста и уточнения интерпретации происхождения его элементов можно достичь при использовании в вычислительной процедуре обработки угловых зависимостей, получаемых предлагаемым способом, известных априорных сведений об угловых характеристиках рассеяния определенных веществ, составляющих исследуемый объект.

На фиг. 1 показана принципиальная схема устройства для реализации способа согласно изобретению; на фиг. 2 а, б, с, d - графические характеристики, иллюстрирующие процесс формирования и анализа потока проникающего излучения по схеме, изображенной на фиг. 1; на фиг. 3 - схема определения параметров потока проникающего излучения с ограниченной локальной угловой расходимостью в двух взаимно пересекающихся плоскостях; на фиг. 4 а, б - схема получения потока проникающего излучения с ограниченной локальной угловой расходимостью с помощью интерференции на системе рассеивающих поверхностей; на фиг. 5 - схема получения потока проникающего излучения с ограниченной локальной угловой расходимостью с помощью механического диафрагмирования; на фиг. 6 - схема получения потока проникающего излучения с ограниченной локальной угловой расходимостью с помощью механического диафрагмирования и интерференционного отражения; на фиг. 7 а, б, с, d - схема, поясняющая процесс образования контраста изображения внутренней структуры исследуемого объекта при взаимных угловых перемещениях потока проникающего излучения и принимающего его дирекционно-селективного детектора.

Предложенный способ для лучшего понимания проще рассмотреть при описании принципа действия устройства, схематично изображенного на фиг. 1.

Источник 1 проникающего излучения, например рентгеновская трубка известной конструкции, создает поток 2 проникающего излучения. На пути распространения потока 2 излучения размещен коллиматор 3, обеспечивающий локальное угловое ограничение потока 2 излучения.

Сформированный коллиматором 3 поток 4 излучения, обладающий в каждой своей точке ограниченной локальной угловой расходимостью, направляется на исследуемый объект 5 и, взаимодействуя с его веществом, подвергается преломлению и рассеянию.

Претерпевший изменение поток 6 излучения проходит далее через коллиматор 7, который выделяет из него поток 8 излучения определенной направленности для регистрации его интенсивности позиционно-чувствительным детектором 9.

Указанный детектор 9 совместно с коллиматором 7 образуют дирекционно-селективный детектор 10, который обладает высокой угловой селективностью, то есть чувствительность детектора 10 к попадающему на него излучению зависит от направления распространения излучения в каждой точке поверхности этого детектора.

Детектор 10 может быть снабжен приводами 11 и 12 для изменения положения диаграммы направленности относительно направления распространения потока 4 излучения до входа его в исследуемый объект 5 по крайней мере в одной плоскости. Приспособление 13, управляющее работой приводов 11 и 12, может получать информацию от детектора 9, например, для автоматического повышения контраста изображения, формируемого детектором 9.

Поток 4 излучения, прошедший коллиматор 3, обладает, как указывалось выше, ограниченной локальной угловой расходимостью, т.е. угловое распределение энергии его лучей в зависимости от направления в некоторой плоскости имеет свой выраженный максимум, как это видно на фиг. 2а, изображающей профиль потока 4 излучения, распространяющегося в направлении γ_1 . За величину локальной угловой расходимости потока 4 излучения примем ширину φ_1 интервала углов в окрестности максимума кривой, внутри которого интенсивность каждого луча оказывается не менее половины максимальной.

В ходе распространения потока 4 излучения через исследуемый объект 5 происходит преломление, рассеяние и поглощение излучения. Профиль потока 6 этого излучения, после пропускания его через исследуемый объект 5, представлен на фиг. 2б.

Максимум этой кривой смещен относительно направления γ_1 (фиг. 2а) потока 4 излучения до входа в исследуемый объект 5 в результате преломления его в этом объекте. Уменьшение интенсивности потока 6 излучения в направлении максимума вызвано поглощением его в объекте 5 и рассеянием. Собственно профиль кривой на фиг. 2б является диаграммой (индикатриссой) малоуглового рассеяния (и, возможно, дифракции при высокой упорядоченности структуры вещества, составляющего объект 5) потока излучения веществом исследуемого объекта 5.

При этом необходимо обратить внимание на явления преломления и рассеяния потока 6 излучения исследуемым объектом 5.

Преломление излучения, в частности рентгеновского, определяется исключительно плотностью вещества исследуемого объекта 6 независимо от его элементного состава. Рассеяние рентгеновского излучения определяется тонкой физической структурой исследуемого объекта 5, например микрокристаллами, упаковкой молекул, наличием коллоидных частиц, микропор и т.п.

Анализируя информацию о рассеянии излучения, можно получить более существенные сведения о внутренней структуре исследуемого объекта 5 помимо распределения плотности, а именно о пространственном распределении в объеме объекта веществ, имеющих различные, присущие этим веществам, индикатриссы рассеяния или характеристики малоугловой дифракции.

Кривая, характеризующая угловую селективность коллиматора 7 при пропускании потока 6 излучения, показана на фиг. 2с. Эта кривая говорит о том, что есть направление γ_2 наибольшего пропускания излучения, вблизи которого пропускание излучения уменьшается. Величина угловой селективности коллиматора 7 определяется, как ширина φ_2 диапазона углов, в пределах которого интенсивность пропускаемого излучения составит не менее половины максимальной интенсивности излучения, пропускаемого в направлении γ_2 .

Фактически показанная на фиг. 2с кривая характеризует также диаграмму чувствительности детектора 10, т.е. величина φ_2 диапазона углов будет определять ширину диаграммы направленности детектора 10.

Прошедший через коллиматор 7 поток 8 проникающего излучения регистрируется детектором 9, как двумерное распределение интенсивности излучения.

Кривая, характеризующая интенсивности потока 9 излучения, представлена на фиг.

2d. Каждая точка позиционно-чувствительного детектора 9 принимает распространяющееся по всем направлениям излучение 8, прошедшее через коллиматор 7 и ограниченное по интенсивности в зависимости от направления распространения излучения, как это видно на фиг. 2d.

Для наилучшей регистрации детектором 10 эффекта рассеяния потока 4 излучения объектом 5 предпочтительно, чтобы минимальная локальная угловая расходимость потока 4 излучения была равной ширине диаграммы направленности детектора 10.

Ранее было отмечено, что поток 4 излучения обладает ограниченной локальной угловой расходимостью в одной плоскости и за величину локальной угловой расходимости принята ширина φ_1 диапазона максимума кривой на фиг. 2a. С целью повышения чувствительности предложенного способа целесообразно ограничение локальной угловой расходимости потока 4 излучения осуществлять еще в дополнительной плоскости, перпендикулярной к первой. За разъяснениями обратимся к фиг. 3, где можно видеть две воображаемые взаимно перпендикулярные плоскости 14 и 15, пересекающиеся по линии 16, которая изображает направление распространения потока излучения с максимальной интенсивностью.

Любой луч 17, распространяющийся в пространстве по направлению, отличному от изображаемого линией 16, может быть охарактеризован двумя углами α и β отклонения между линией 16 и проекцией упомянутого луча 17 на каждую плоскость 14 или 15. Примем во внимание, что для потока с ограниченной локальной угловой расходимостью интенсивность излучения при увеличении углов α и β будет убывать по разному в зависимости от величины локальной угловой расходимости, измеряемой в каждой плоскости.

Если луч 17 отклоняется так, что его проекция на плоскости 14 не выходит за пределы угла D_1 и при этом интенсивность потока излучения уменьшается не более чем вдвое, угол D_1 будет являться углом локальной расходимости в плоскости 14.

Если луч 17 отклоняется так, что его проекция на плоскость 15 не выходит за пределы угла D_2 и при этом интенсивность потока излучения уменьшается не более, чем вдвое, угол D_2 будет являться углом локальной расходимости в плоскости 15.

Учитывая, что ограничение локальной угловой расходимости потока излучения при реализации настоящего изобретения дает возможность получать информацию о струк-

туре исследуемого объекта 5, то ограничение углов D_1 и D_2 локальной расходимости в двух взаимно пересекающихся плоскостях 14 и 15 будет способствовать получению еще более подробной информации о структуре объекта 5, нежели при полном отсутствии одного из ограничений локальной угловой расходимости либо при ее большой величине относительно значения величины другой расходимости. Совместный вклад углов D_1 и D_2 расходимости потока излучения в получаемую информацию о внутренней структуре исследуемого объекта 5 будет иметь место тогда, когда угол большей расходимости превышает угол меньшей расходимости не более, чем в 10 раз.

Для ограничения локальной угловой расходимости потоков 2 и 6 излучения могут быть применены различные технические средства.

В частности, как показано на фиг. 4a, такими средствами служат элементы 18 и 19, представляющие собой монокристаллы или многослойные интерференционные зеркала, имеющие множество регулярно расположенных рассеивающих излучение поверхностей 20. Указанные поверхности 20 способны давать интерференционные отражения потока проникающего излучения и обладают высокой угловой селективностью этих отражений. Интенсивность падающего потока излучения переходит в интенсивность отраженного потока излучения в наибольшей степени при равенстве угла θ падения и угла θ отражения, когда они оба удовлетворяют уравнению Брэгга.

Малые угловые отклонения потока излучения от точного брэгговского направления вызывают значительное ослабление интерференционного отражения.

Для получения потока излучения с ограниченной в двух взаимно пересекающихся плоскостях локальной угловой расходимостью элементы 18 и 19 располагают так, чтобы системы рассеивающих поверхностей 20 в этих элементах 18 и 19 были взаимно перпендикулярны. Повторные интерференционные отражения, полученные от поверхностей 20 элементов 18 и 19, дают возможность создать поток излучения с ограниченной локальной угловой расходимостью в двух взаимно пересекающихся плоскостях.

Процесс интерференционного выделения потоков излучения с ограниченной локальной угловой расходимостью может быть основан на использовании эффекта Бормана. Этот эффект, как известно, проявляется в том случае, когда поток излучения направляют на утолщенной формы монокристалл 21 (фиг.

4b), кристаллические поверхности 22 которого составляют значительный угол с внешней его гранью 23. Поток излучения, попадающий на монокристалл 21 под углом Брэгга к кристаллической поверхности 22, интерферирует и выходит из него в виде двух лучей 24 и 25, распространяющихся также под углом Брэгга.

Часть излучения, поступающая на монокристалл 21 под другим углом, затухает в нем.

Таким образом, монокристалл 21 действует как дирекционно-селективный элемент по отношению к поступающему на него излучению.

Еще одним техническим средством для ограничения локальной угловой расходимости в двух взаимно пересекающихся плоскостях потоков 2 и 6 излучения служит блок 26 (фиг. 5) из множества параллельно расположенных трубчатых элементов 27, длина которых во много раз превышает внутренний поперечный размер их каналов 28.

Величина D_1 и D_2 локальной угловой расходимости потока излучения в каждой плоскости, проходящей через каналы 28 трубчатых элементов 27, будет определяться отношением внутреннего поперечного размера сечения канала 28 плоскостью к длине трубчатого элемента 27. Наибольшее ограничение локальной угловой расходимости потока излучения будет обеспечено при отсутствии отражения потока излучения от внутренней поверхности стенок каналов 28 трубчатых элементов 27.

При реализации предложенного способа блок 26 может быть использован в качестве коллиматоров 3 и 7, показанных на фиг. 1. Не исключено применение одновременно нескольких блоков 26, которые могут быть установлены последовательно по ходу движения потока излучения или параллельно относительно проходящего через них потока излучения.

Последовательное размещение нескольких блоков 26 с постепенно уменьшающимся поперечным размером каналов 28 их трубчатых элементов 27 в каждом следующем блоке продиктовано требованиями максимально передать поток проникающего излучения детектору 10 и уменьшить долю проникающего излучения, задерживаемую стенками каналов 28 трубчатых элементов 27.

При этом внутри каналов 28 трубчатых элементов 27 могут быть встроены микролинзы (не показаны) для уменьшения доли проникающего излучения, задерживаемой и

рассеиваемой стенками каналов 28 трубчатых элементов 27.

Параллельное расположение блоков 26 относительно проходящего через них потока излучения необходимо для ограничения локальной угловой расходимости потоков излучения, обладающих значительной общей расходимостью.

Для ограничения локальной угловой расходимости 2 и 6 излучения в одной плоскости возможно использование пакета 29 (фиг. 6) близко расположенных одна от другой пластин 30, выполненных из материала для применяемого вида излучения. Величина ограничения локальной угловой поверхности в плоскости, перпендикулярной поверхности пластин 30, определяется отношением расстояния между соседними пластинами 30 к длине щели 31 между ними вдоль потока излучения.

При необходимости ограничения локальной угловой расходимости потока излучения во второй плоскости применяют описанные средства, например монокристаллы.

Для получения более детальной информации о распределении в исследуемом объекте 5 веществ с различными характеристиками рассеяния детектору 10 и потоку 4 излучения сообщают взаимные поворотные перемещения. Например, поток 4 излучения остается неподвижным, а детектор 10 поворачивают относительно двух взаимно перпендикулярных осей приводами 11 и 12, показанными на фиг. 1.

Наглядно это можно проследить по последовательному описанию этапов способа, иллюстрируемых фиг. 7.

Показанная на фиг. 7а кривая, характеризует локальное угловое распределение интенсивности потока 4 излучения, распространяющегося в направлении исследуемого объекта 4, а кривая, изображенная на фиг. 7б - локальное угловое распределение интенсивности потока 6 излучения, прошедшего через исследуемый объект 5.

Известно, что существуют вещества, у которых характеристика малоуглового рассеяния имеет максимумы дифракционной природы, например поликристаллические металлы, полимеры, мышечная ткань, хрящи и многие другие ткани человека и животных подобно тому, как это видно на кривой фиг. 7б. При помощи предложенного способа представляется возможность выделить на изображении внутренней структуры исследуемого объекта 5 контраст, обусловленный распределением вещества определенного типа, которые различаются между собой положением дифракционных максимумов. В

частности, мышца человека или животного в сокращенном и в расслабленном состоянии имеет характеристики малоуглового рассеяния с различными положениями максимумов.

Поворачивая детектор 10 в процессе регистрации изображения внутренней структуры исследуемого объекта 5, предпочтительно задерживать детектор 10 на более продолжительное время в угловых диапазонах угла поворота, соответствующих положению дифракционных максимумов малоуглового рассеяния определенного вещества в составе исследуемого объекта 5.

На фиг. 7с показаны две кривые (сплошной и прерывистой линиями), каждая из которых соответствует положению, придаваемому детектору 10 для избирательной регистрации максимума первого порядка.

Кривая на фиг. 7d демонстрирует суммарную величину интенсивности потока 8 излучения, пропускаемого коллиматором 7 на детектор 9. Площадь под этой кривой означает облученность соответствующего участка позиционно-чувствительного детектора 9, который регистрирует двухмерное распределение интенсивности излучения. Большую интенсивность увидим на детекторе 9 там, где излучение проходило через участки объекта 5, содержащие вещество, обладающее характеристикой малоуглового рассеяния, подобной показанной кривой на фиг. 7b.

При взаимных угловых перемещениях детектора 9 и потока 4 излучения изображение на детекторе 9 может смещаться. Компенсацию этих смещений можно осуществить за счет линейного перемещения детектора 9 или путем цифровой обработки электрического сигнала, поступающего от детектора 9 на вычислительное устройство.

Целесообразно использовать фотоприемник 9 дирекционно-селективного детектора 10, обеспечивающий цифровой вывод, соединенный с вычислительным устройством. При этом сигнал с детектора, соответствующий каждому сегменту его пространственного разрешения, получаемый при различных взаимных угловых положениях потока излучения 4 и диаграммы направленности детектора 10, будет представлять собой

угловую диаграмму рассеяния вещества, составляющего исследуемый объект. Вычислительная процедура обработки данных, поступающих с детектора 9 в вычислительное устройство 13, может использовать априорные сведения о диаграммах рассеяния (дифракции) веществ, предположительно составляющих исследуемый объект. Сопоставление распределений измеренных предлагаемым способом характеристик вещества объекта в различных его участках с известными характеристиками рассеяния позволяет синтезировать контраст изображения объекта, отражающий пространственное распределение определенных веществ в исследуемом объекте.

Угловыми перемещениями детектора 9 и потока 4 излучения с переменной угловой скоростью можно заранее задать диаграмму угловой чувствительности способа к рассеянному потоку 6 излучения после прохождения им исследуемого объекта 5. Например, равномерное угловое перемещение (качание) дирекционно-селективного детектора во время экспозиции позволяет пропорционально расширить в плоскости качания его диаграмму направленности, определяемую коллимационными свойствами элемента 7. Таким образом, детектор с дирекционно-селективным элементом 7, выполненным на основе совершенного монокристалла с шириной характеристики брегговского отражения, составляющей несколько единиц секунд, может быть для селективной регистрации угловых характеристик рассеяния в любом большем диапазоне. Предлагаемый способ получения изображений допускает осуществление взаимных поворотных перемещений потока проникающего излучения 4, направляемого на исследуемый объект, и дирекционно-селективного детектора 10 путем придания угловых и поперечных перемещений коллимирующему элементу 3 с помощью управляемых приводов, аналогичных 12 и 13 (не показаны).

Описанные здесь варианты и примеры реализации способа могут иметь отдельные изменения и дополнения, однако не выходящие за пределы заявленной формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ получения изображения внутренней структуры объекта с помощью проникающего излучения, в соответствии с которым поток проникающего излучения от источника ограничивают по углу локальной расходимости, далее этот поток пропускают

через исследуемый объект, прошедшее через объект излучение регистрируют с помощью хотя бы одного дирекционно-селективного детектора для образования изображения, отличающийся тем, что ширина диаграммы направленности хотя бы одного детектора не

превышает удвоенной величины локальной угловой расходимости потока проникающего излучения.

2. Способ по п.1, *отличающийся* тем, что минимальная локальная угловая расходимость потока проникающего излучения составляет более половины ширины диаграммы направленности хотя бы одного детектора в плоскости минимальной угловой расходимости излучения.

3. Способ по п.2, *отличающийся* тем, что минимальную локальную угловую расходимость потока проникающего излучения выбирают равной ширине диаграммы направленности детектора.

4. Способ по пп.1 - 3, *отличающийся* тем, что ограничение локальной угловой расходимости направляемого на исследуемый объект излучения производят в двух взаимно пересекающихся плоскостях.

5. Способ по п.4, *отличающийся* тем, что величина локальной угловой расходимости в одной плоскости составляет не менее 1/10 от локальной угловой расходимости в другой плоскости.

6. Способ по пп.3 - 5, *отличающийся* тем, что ограничение локальной угловой расходимости направляемого на исследуемый объект излучения в плоскости максимальной угловой расходимости осуществляют с помощью отражающих и рассеивающих излучение поверхностей для образования интерференционных отражений.

7. Способ по пп.3 - 5, *отличающийся* тем, что ограничение локальной угловой расходимости направленного на исследуемый

объект излучения в плоскости максимальной угловой расходимости ведут с помощью пакета близко расположенных пластин, непрозрачных для выбранного вида излучения.

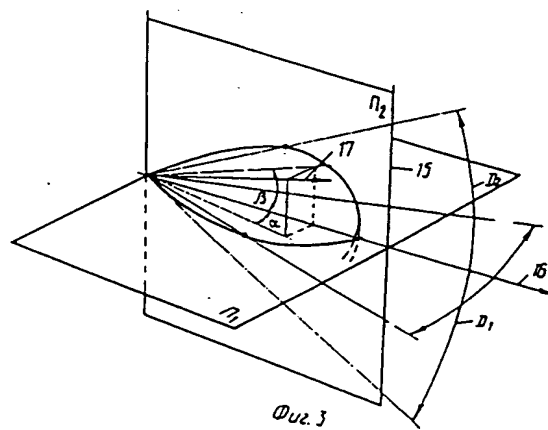
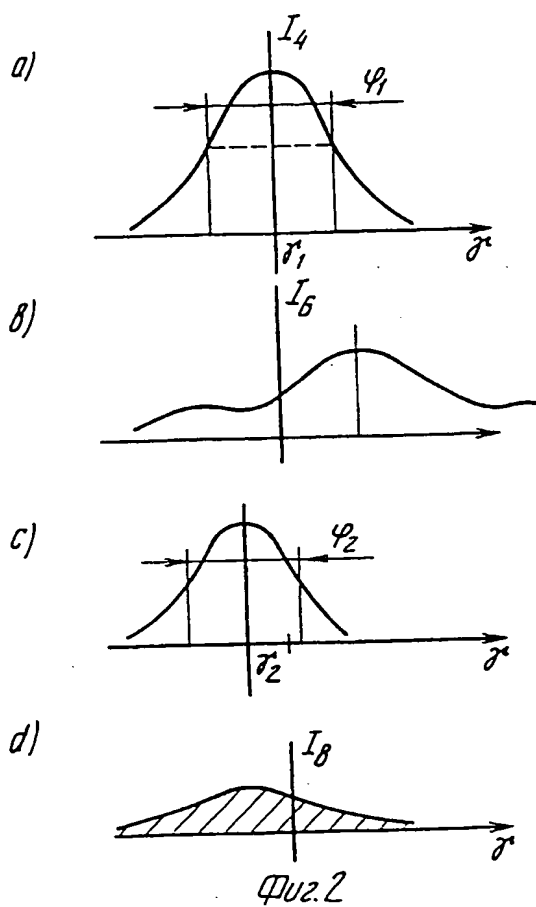
8. Способ по п.4 или 5, *отличающийся* тем, что используют детектор с диаграммой направленности, ограниченной в двух взаимно пересекающихся плоскостях.

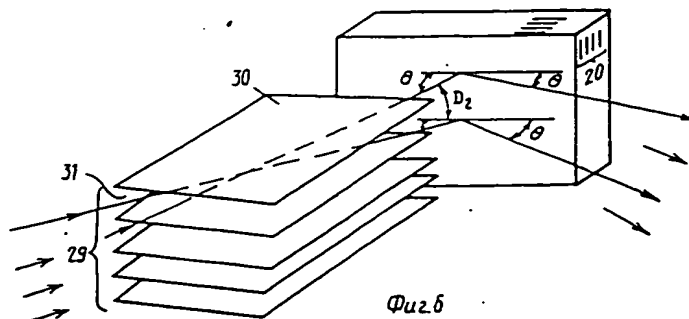
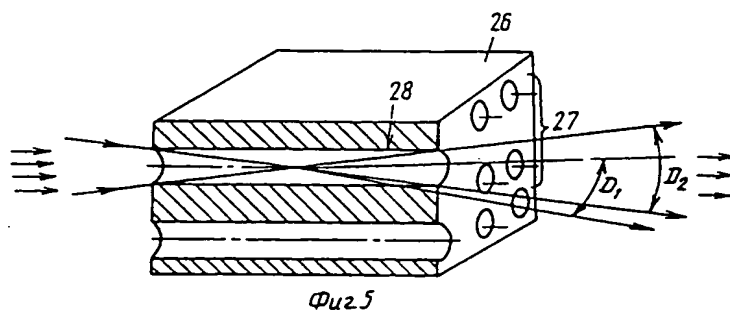
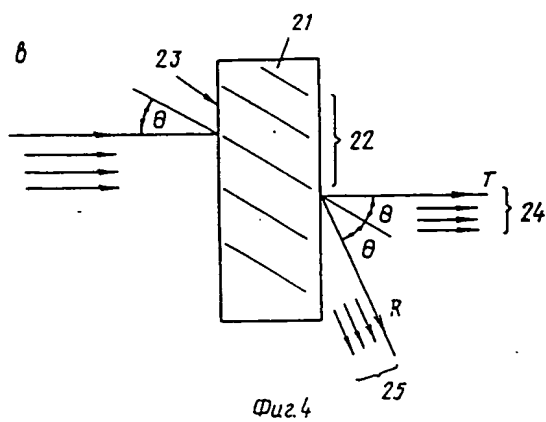
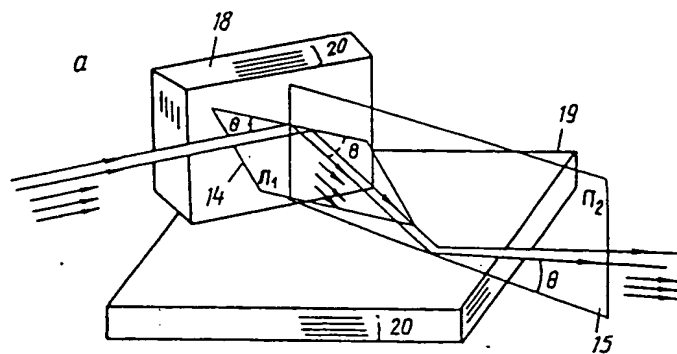
9. Способ по пп.1 - 8, *отличающийся* тем, что потоку проникающего излучения до входа в исследуемый объект и принимающему его детектору сообщают взаимные поворотные перемещения.

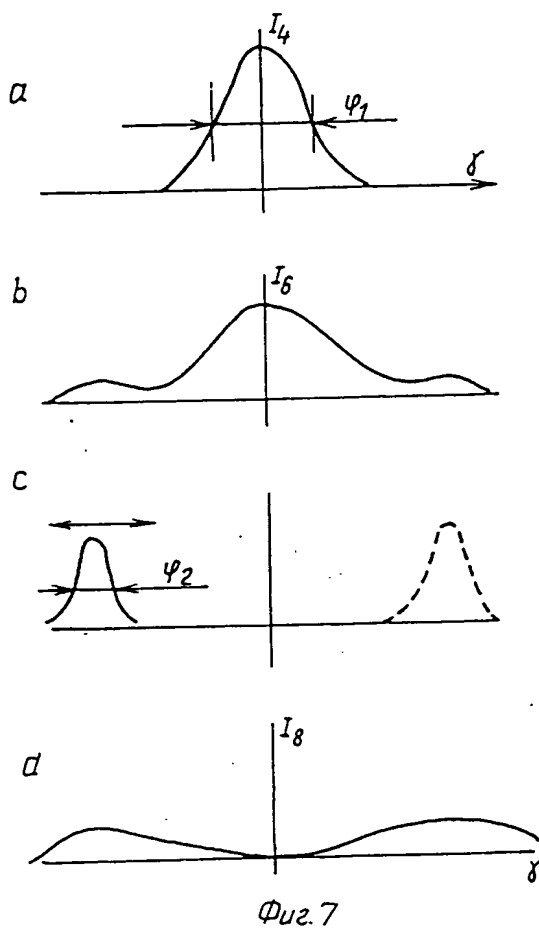
10. Способ по п.9, *отличающийся* тем, что потоку проникающего излучения и исследуемому объекту сообщают относительные линейные перемещения преимущественно в плоскости, перпендикулярной к потоку проникающего излучения.

11. Способ по п.9 или 10, *отличающийся* тем, что интенсивность проникающего излучения, регистрируемую детектором, преобразуют в цифровую форму и подвергают вычислительной обработке, причем отдельные отсчеты регистрируют при различном взаимном угловом положении потока проникающего излучения и детектора.

12. Способ по п.11, *отличающийся* тем, что вычислительная процедура использует числовые данные о ранее измеренных угловых характеристиках рассеяния проникающего излучения хотя бы одного известного вещества.







Заказ *5212* Подписное
 ВНИИПИ, Рег. ЛР № 040720
 113834, ГСП, Москва, Раушская наб., 4/5

121873, Москва, Бережковская наб., 24 стр. 2.
 Производственное предприятие «Патент»

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.